



А.А. Добрачев
Ю.В. Ефимов

ЗАГОТОВКА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра технологии и оборудования лесопромышленного производства

А.А. Добрачев
Ю.В. Ефимов

ЗАГОТОВКА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Учебно-методическое пособие
для обучающихся по направлению 35.03.02 «Технология
лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».
Очная и заочная формы обучения

Екатеринбург
2019

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.
Протокол № 11 от 1 ноября 2018 года.

Рецензент – Е.А. Газеева, канд. техн. наук, доцент ТОЛП.

Редактор Л.Д. Черных
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 28.03.19		Поз. 41
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,56	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

В процессе проведения лесосечных работ, лесопиления и деревообработки неизбежно образуется значительное количество древесных отходов. Использование в качестве топлива местных возобновляемых топливных ресурсов, то есть отходов, представляющих собой экологическую и пожарную опасность, позволит развить альтернативное направление – малую распределенную энергетику.

К субъектам распределенной биоэнергетики относятся муниципальные образования, лесные поселки, заповедники, турбазы и горнолыжные курорты, охотничьи хозяйства, радиорелейные станции на линиях дальней связи, метеостанции, подразделения ФСИН, воинские части, энергоблоки сельскохозяйственных предприятий: теплицы, животноводческие фермы, районы городских свалок и очистных сооружений, многие другие автономные объекты.

Удаленность субъектов несомненно сказывается на увеличении затрат на транспорт электроэнергии и тепла. Но, с другой стороны, имеются огромные ресурсы и доступность местных видов топлива в большинстве регионов страны. Их рациональное и эффективное использование позволит создать локальные генерирующие мощности.

Данные учебно-методического пособия содержат сведения для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплине «Заготовка и рациональное использование топливной древесины» для студентов специальности 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

1. РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ НА ТОПЛИВО

1.1. Производство щепы на лесосеке

Включение в состав основного технологического процесса лесозаготовок на рубках главного и промежуточного пользования подпроцесса производства топливной щепы из малоценной древесины и порубочных остатков способствует улучшению использования лесосечного фонда, очистке лесосек, созданию противопожарного состояния и повышению экономики лесопользования. Для измельчения древесного сырья, производства щепы основным оборудованием являются рубильные машины.

Производство топливной щепы на лесосеке и технологический процесс, система машин на заготовке древесины могут быть взаимосвязаны. Основные направления при этом следующие:

- валка деревьев бензомоторными пилами, трелевка трелевочными тракторами с сортировкой по диаметрам: крупномерные – к сучкорезной машине, тонкомерные – к передвижной рубильной машине;
- использование передвижной рубильной машины с манипулятором для переработки тонкомерных деревьев после вытрелевки делового леса. Вырабатываемая щепа загружается в сменные контейнеры, которыми комплектуются автощеповозы;
- крупномерная малоценная древесина сваливается и раскряжевывается бензиномоторной пилой; форвардером отрезки перемещаются к передвижной рубильной машине, где рубятся в щепу и отгружаются в щеповозы;
- разработка лесосеки производится в два приема. В первый прием заготавливается малоценная, мелкая и фаутная древесина, трелюемая к рубильной машине. На трелевке могут быть использованы малогабаритные трелевочные тракторы, например МТЗ-82 с тележкой, оснащенной манипулятором. Во второй прием заготавливаются оставшиеся деревья;
- заготовка леса проводится с подсортировкой, после обрезки сучьев один из компонентов трелюется к рубильной машине, второй (деловые сортименты или хлысты) – к сучкорезной;
- производство щепы на верхнем складе. Сырье подвозится форвардером, рубка – передвижной рубильной машиной РРМ-5;
- производство щепы на вырубках – из валов (куч), образовавшихся после очистки лесосеки; осуществляется трактором МТЗ-82 с навесной рубильной машиной, которая ссыпает щепу в прицепную тележку. Тележка может транспортироваться на верхний склад, или сразу на терминал.

Оборудование. В соответствии с видом сырья, подвергаемого рубке на щепу, разработаны различные рубильные машины, отличающиеся такими признаками, как мобильность, тип рабочего органа, вид и число

используемого режущего инструмента, способ и направление подачи древесного сырья, форма загрузочных устройств, способ отбора щепы, вид энергии, используемой для привода рабочего органа.

По признаку мобильности рубильные машины делятся на стационарные и передвижные.

По схемам механизма резания рубильные машины можно разделить на три основных класса: дисковые, барабанные и конические.

Имеется ряд отечественных и импортных передвижных рубильных машин для работы на лесосеке. Самоходная рубильная установка ЛО-63А создана на базе гусеничного трактора ТБ-1 и предназначена для переработки на щепу тонкомерных деревьев, вершин, толстых веток в условиях лесосеки. Рубительная машина смонтирована на раме трактора, загрузку машины сырьем осуществляет манипулятор. Подачу сырья к диску машины производят приводные подающие вальцы. Нарубленная щепа через верхний выброс направляется через щепопровод в контейнер (автомобиль-щеповоз). Производительность рубильной машины ЛО-63А составляет 10 м³ плотной массы при расчетном диаметре древесины 15 см. Мощность двигателя привода 61 кВт.

На базе безчokerной машины ЛП-18А создана самоходная рубильная установка ЛО-63Б, более мощная и производительная, чем ЛО-63А. Патрон и диск ЛО-63Б позволяют перерабатывать на щепу древесину диаметром до 25 см.

Прицепная рубильная установка УРП-1 предназначена для измельчения хлыстов, вершин, крупных веток. Диаметр сырья не должен превышать 30 см, а длина 20 м.

Установка включает базовый колесный трактор Т-150К (с гидроманипулятором) и прицепную рубильную машину (на одноосном прицепе). Рубильная машина имеет наклонный диск с двумя ножами, горизонтальный патрон с подающими валками, кожух с щепопроводом для верхнего выброса щепы. Привод диска и валков осуществляется через кардан от распределительной коробки трактора. Производительность установки до 15 м³ плотной массы в час. Установка может работать на пункте погрузки лесоматериалов (верхний склад), где скапливается большое количество лесосечных отходов: на лесосеках, на лесовозных дорогах, на нижних складах и других местах скопления кусковых отходов древесины. Установка работает в паре с щеповозом или отсыпает щепу в контейнер.

Имеется целый ряд отечественных и импортных передвижных рубильных машин, имеющих в своем составе, как рубильную машину, так и съемный (или саморазгружающийся) контейнер, смонтированный на тракторе.

Для производства щепы из низкокачественной древесины (в круглом или колотом виде) на лесных складах используют стационарные дисковые рубильные машины с наклонным патроном типа МРН-10, МРН-20,

МРН-30 или МРН-40-1. Крупное низкокачественное древесное сырье подвергается раскалыванию до толщины 200...300 мм. Для рубки древесины диаметром до 300 мм применяют машины типа МРН-40-1.

Для выработки топливной щепы используют также барабанные рубильные машины типа ДУ-2АМ или ЛО-56. Эти машины наиболее целесообразно использовать при переработке тонкомера и сучьев, так как имеют специальную вальцовую подачу сырья.

Таблица 1.1

Исходные данные

№ варианта	Состав лесонасаждений	Объем рубки, тыс. м ³	Средний объем хлыста, м ³	Запас леса на м ³ /га	Вид рубки*	Технология заготовки щепы	Технология деревообработки
1	3С3Е3Б1Ос	130	0,38	176	В	1.2.3	А
2	8С2Б	78	0,28	105	В	1.2.4	В
3	6С3Б1Ос	145	0,32	216	П	1.2.1	А
4	4С5Б1Лс	65	0,22	80	С	1.2.4	Б
5	5С3Лс2Ос	85	0,3	250	С	1.2.5	Б
6	4С3Б2Ос1Е	60	0,3	100	С	1.2.4	В
7	3С3Е3Б1Ос	210	0,28	220	С	1.2.2	Б
8	4Е4Б1П1Ос	110	0,32	210	В	1.2.1	В
9	2С4Е2П2П	75	0,3	200	П	1.2.4	Г
10	5С3Б1Ос1Л	143	0,4	186	С	1.2.3	В
11	5Е2П2Лс1С	90	0,34	240	С	1.2.2	Д
12	7С3Б+Лс	210	0,36	200	С	1.2.2	А
13	4Б4Ос2Е	75	0,28	85	С	1.2.4	Д
14	4С2Е3Пх1Л	100	0,34	170	В	1.2.1	Б
15	8Е2Б+1Ос	220	0,4	160	В	1.2.3	В
16	4Пх2Е2Б2О	60	0,4	105	С	1.2.4	В
17	4С4Е2Б	65	0,4	210	П	1.2.4	А
18	5С5Б	70	0,32	90	С	1.2.4	Б
19	6Е2Б2Ос	75	0,34	196	С	1.2.2	А
20	7Б3Е+Лс	205	0,3	250	С	1.2.1	Д
21	4С4Е2Ос	150	0,36	220	В	1.2.1	В
22	3С3Е4Б	130	0,38	176	В	1.2.3	В
23	8С2Б	78	0,28	207	В	1.2.2	Г
24	6С3Б1Ос	145	0,32	216	П	1.2.3	В
25	4С5Б1Лс	65	0,42	180	С	1.2.4	Г
26	5С3Лс2Ос	85	0,3	98	С	1.2.4	А
27	4С4Е2Б	65	0,4	210	С	1.2.3	А
28	5С4Б1Е	140	0,3	105	С	1.2.4	В
29	8С1Б1Ос	105	0,28	240	С	1.2.1	Б
30	3Е3Пх2Б2Ос	87	0,32	100	С	1.2.5	Г
31	6С2Б1Е1Лс	98	0,3	190	С	1.2.2	А
32	4Пх2Е2Б2Ос	60	0,4	100	С	1.2.4	Г

*С – сплошные рубки, В – выборочные, П – постепенные.

1.2. Варианты технологий получения щепы на лесосеке

1.2.1. Использование комплекса машин при рубках главного пользования

Комплексная заготовка деловой и древесной биомассы для производства топливной щепы позволяет снизить основные затраты на производство кубического метра лесопродукции. Кроме того, применение только одних лесозаготовительных машин для выполнения различных видов работ позволяет минимизировать затраты.

На рис. 1.1 представлен комплексный метод, когда при сплошнолесосечной сортиментной технологии наряду с заготовкой деловой, дровяной и малоценной древесины осваиваются порубочные остатки. При традиционной валке деревьев с помощью харвестера «Komatsu 911.5» (табл.1.2) оператор укладывает порубочные остатки на волок для его укрепления. Их дальнейшее использование для производства щепы, после неоднократного проезда по ним лесных машин, затруднительно, в том числе из-за того, что порубочные остатки загрязняются минеральными включениями, что увеличивает зольность щепы. Поэтому при сборе порубочных остатков с целью дальнейшего их использования в биоэнергетике оператор харвестера на участках с достаточной несущей способностью должен укладывать порубочные остатки вдоль волока с одной или с двух сторон (рис.1.1, а).

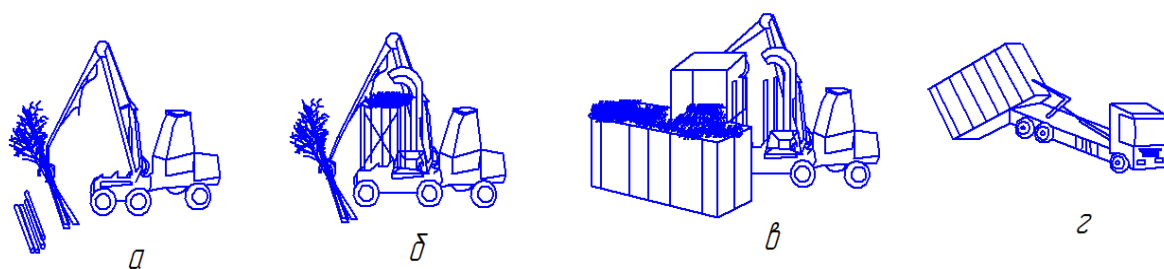


Рис.1.1. Комплексная технология освоения древесной биомассы для биоэнергетики. Производство щепы у пня:
а – харвестер; б – рубительная машина «Амкодор 2902»;
в – контейнеры; г – щеповоз

При переработке биомассы в щепу на делянке используется мобильная рубительная машина «Амкодор 2902» на базе форвардера «Амкодор 2661» (рис.1.1, б). Мобильная рубительная машина (табл.1.3), перемещаясь по волоку, манипулятором загружает древесную биомассу в рубительный модуль, откуда готовая щепа перемещается в контейнер машины. Щепу рубительная машина трелюет на погрузочную площадку (рис.1.1, в), откуда контейнерным автопоездом МАЗ-6501А3 (табл.1.4) со сменными контейнерами вывозится потребителю (рис.1.1, г). В зимний период вся древесная масса отходов используется на биотопливо.

Таблица 1.2

Технические характеристики харвестера «Komatsu 911.5»

Параметр	Значение
Масса, кг	16100
Дорожный просвет, мм	624
Тип / мощность двигателя, кВт	170 кВт DIN
Крутящий момент, Нм	1000
Тяговое усилие, кН	162
Тип манипулятора	CRH18
Тип ЗСУ	746C
Радиус действия манипулятора, м	10

Таблица 1.3

Техническая характеристика самоходной рубительной машины
«Амкадор 2902» на базе форвардера «Амкадор 2601»

Фирма-производитель	АМКОДОР, Беларусь
Модель двигателя	Д-260.9
Тип топлива	Дизель
Мощность двигателя, л.с.	180 л.с.
Угол поворота манипулятора	380 град
Вылет стрелы	10325 мм
Вместимость контейнера	16 м ³
Высота выгрузки контейнера	3200 мм
Марка рубильного модуля	Kesla
Рубительный модуль	Барабанный тип
Подъемный момент манипулятора	80 кНм
Скорость транспортная	0-30 км/ч
Марка манипулятора	Kesla
Производительность, га/час	100 м ³ /ч
Трансмиссия	Гидромеханическая
Объем двигателя, см ³	7,12 л
Габаритные размеры ДхШхВ, мм	9300х2900х3950 мм
Масса, кг	24000 кг
Особенность	Поднимаемый и опрокидываемый контейнер

Таблица 1.4

Техническая характеристика контейнерного автопоезда
МАЗ-6501А3

Допустимая полная масса автомобиля	27500 кг
Масса снаряженного автомобиля с механизмом смены кузовов (без кузова)	12900 (13050) кг

Окончание табл. 1.4

Допустимая грузоподъемность (масса кузова с грузом)	14500 кг
Конструктивные особенности:	
двигатель	ЯМЗ-6562, 10, V6, (Е-3)
мощность двигателя	250 л.с.
коробка передач,	ЯМЗ-2361 или ЯМЗ-336
число передач КП	5 или 6
Кузов (тип):	Бункер-накопитель БН-35, цельнометаллический с задними дверями
внутренние размеры	7000х2340х21000 мм
объем	20 м ³
механизм смены	Механизм погрузки-разгрузки МПР-3, управление механизмом – тросовый привод
Максимальная скорость	90 км/ч

1.2.2. Освоение древесной биомассы на основе форвардера

Производство топливной щепы на лесосеке и технологический процесс, система машин на заготовке древесины взаимосвязаны. Основные направления при этом следующие:

Валка деревьев осуществляется бензомоторными пилами фирмы «Husqvarna» (табл.1.5). Отделение сучьев и ветвей от ствола производится вручную с помощью бензиномоторной пилы (рис.1.2, а). Ветки и сучья от ствола в кучи переносят вручную. При переработке биомассы в щепу на делянке используется мобильная рубительная машина «Амкадор 2902» на базе форвардера «Амкадор 2601» (рис.1.2, б). Мобильная рубительная машина, перемещаясь по волоку, манипулятором загружает древесную биомассу в рубительный модуль, откуда готовая щепа перемещается в контейнер машины. Щепу рубительная машина трелюет на погрузочную площадку (рис.1.2, в), откуда она контейнерным автопоездом МАЗ-6501А3 со сменными контейнерами вывозится потребителю (рис.1.2, г).

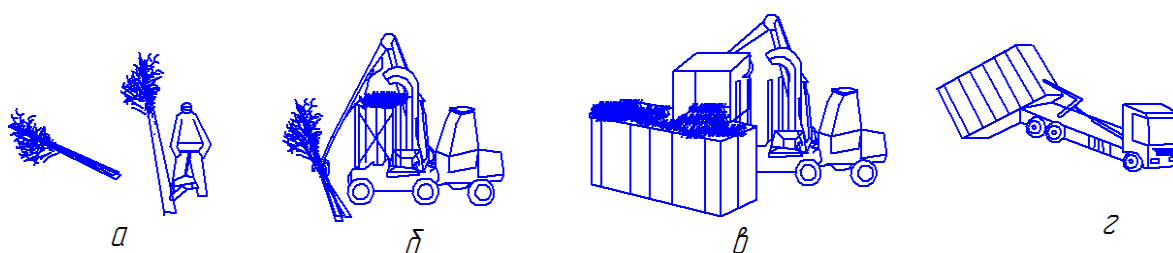


Рис. 1.2. Технология освоения древесной биомассы для биоэнергетики на основе форвардера: а – вальщик леса; б – рубительная машина «Амкадор 2902»; в – контейнеры; г – щеповоз

Таблица 1.5

Основные характеристики бензиномоторных пил

Показатель	«Husqvarna 262HH»	«Husqvarna 254XP»
Мощность, кВт	3,4	2,7
Двигатель	Бензиновый двухтактный	
Объём цилиндра, см ³	61,5	56,5
Шина	Цельная	
Рекомендуемая длина шины	13-20 дюймов	
Шаг цепи	0,325 дюйма	
антивибрационная система:	LowVib	
-передняя рукоять, м/с ²	4,0	
-задняя рукоять, м/с ²	8,2	
Маслонасос	Регулируемый	
Подогрев рукояток	Нет	
Декомпрессионный клапан	Есть	
Масса без шины и цепи, кг.	5,8	5,6

1.2.3. Заготовка древесной биомассы с применением трелевочного трактора

Заготовка древесины при малоотходной технологии лесосечных работ может быть организована с применением бензиномоторных пил и трелевочных тракторов с канатно-чокерным оборудованием в комплексе с трелевочной машиной (рис. 1.3).

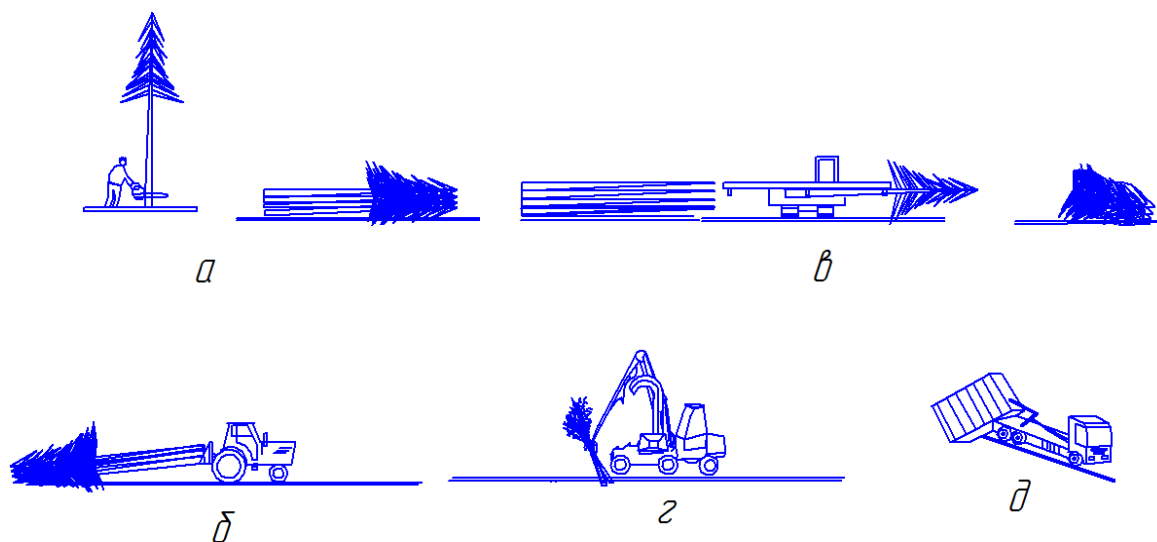


Рис. 1.3. Технология заготовки древесной биомассы с использованием трелевочного трактора:

а – вальщик леса; *б* – трактор МТЗ-82; *в* – сучкорезная машина ЛП-30Б; *г* – передвижная рубительная установка УРП-1; *д* – щеповоз

При использовании бензиномоторных пил «Хускварна» лесосека разрабатывается методом узких лент. На ней оборудуется площадка для складирования и отгрузки крупномерных хлыстов (деревьев) и переработки на щепу тонкомерных деревьев. После разрубки волока вальщик, начиная с конца лесосеки, проводит валку тонкомерных деревьев (ликвидных и неликвидных) диаметром до 12 см, которые одновременно укладываются в пачки по 3...5 шт. или более (рис.1.3, а). Вытрелевку пачек на площадку производит трактор МТЗ-82 с канаточокерным оборудованием (рис.1.3, б). Технические характеристики МТЗ-82 представлены в табл. 1.6.

Валку и трелевку оставшихся крупномерных деревьев ведут после уборки тонкомерных деревьев. Для поштучной очистки крупномерных деревьев от сучьев на лесосеке применяют самоходные сучкорезные машины ЛП-30Б (рис.1.3, в).

Переработка уложенных в штабель тонкомерных деревьев на площадке ведется передвижной рубительной установкой УРП -1 (рис.1.3, г) с одновременной подачей щепы непосредственно в съемный контейнер автопоезда МАЗ-6501А3 (рис.1.3, д). Рубительная установка размещается вдоль штабеля сырья так, чтобы загрузочный патрон был обращен в сторону комлевой части штабеля, и его продольная ось совпадала с направлением укладки сырья в штабеле. Контейнерный автопоезд устанавливается по другую сторону рубительной машины параллельно ей. Деревья подаются в патрон рубительной машины гидроманипулятором. Подача мелкого сырья в патрон проводится пачками, а крупных деревьев – поштучно. В процессе переработки сырья рубительная установка вместе с контейнерным автопоездом перемещается вдоль штабеля. Щепу вывозится из леса контейнерным автопоездом МАЗ-6501А3, оснащенных сменными контейнерами. Щепу в процессе переработки подается в один из контейнеров, установленный непосредственно на землю. При необходимости его можно перемещать волоком вдоль штабеля для окончательной установки. После установки порожнего контейнера автопоезд подъезжает к заполненному щепой контейнеру и погружает его на раму полуприцепа. Щепу вывозится на нижний склад или во двор потребителя. Разгрузка контейнерного автопоезда проводится самосваливанием назад.

Таблица 1.6

Краткая техническая характеристика трелевочного трактора МТЗ 82

Полное название	Трактор МТЗ 82
Колёсная формула / кол-во осей	4х4
Характеристики грузоподъёмности и массы	
Грузоподъёмность, кг	ЗНУ на оси подвеса - 3200
Общий вес, кг	3770
Двигатель	
Модель двигателя	Д-243
Тип двигателя	дизельный

Окончание табл. 1.6

Число и расположение цилиндров	4
Рабочий объём двигателя, см ³	4750
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	60,0 (81,0)
Расчётная частота вращения, об/мин	2200
Максимальный крутящий момент, Нм(кгсм)	298
Коробка передач:	
- тип	Механическая
- число передач КП	18/4
Максимальная скорость, км/ч	34,3
Габаритные размеры трактора, мм	3850x1970x2780
Заправочные емкости:	
- топливный бак, л	130
- гидробак, л	25
Шины, размерность	9,0-20 / 15,5R38
Колея передних/ задних колес, мм	1350-1850 /1400-2100
Вид шасси	Колеса
Подача гидронасоса, л/мин	45

1.2.4. Производство щепы при разработке низкотоварной древесины при запасе на га 100 м³ и меньше

Заготовка древесного сырья при разработке низкотоварной древесины включает в себя рубку, подтрелевку и укладку его в пачки. Эти операции производят на лесосеке с помощью бензиномоторной пилы Хускварна (рис. 1.4, а) бригадой из трех человек: раскряжевщика и двух лесорубов.

Сбор и подвозка сырья к рубительной машине осуществляется подборщиком-погрузчиком трактором «Беларус» (рис. 1.4, б), оснащенным самопогружающим прицепом с манипулятором 2-ПТС-4. Подборщик-погрузчик обслуживается трактористом. Техническая характеристика 2-ПТС-4 представлена в табл. 1.7.

Переработка низкокачественной древесины в топливную щепу осуществляется передвижной рубительной машиной РРМ-5 (рис. 1.4, в) на базе трактора Беларус. Технические характеристики РРМ-5 представлены в табл. 1.8.

Вывозка щепы на нижний склад осуществляется контейнерным авто-щеповозом МАЗ-6501А3 (рис. 1.4, г).

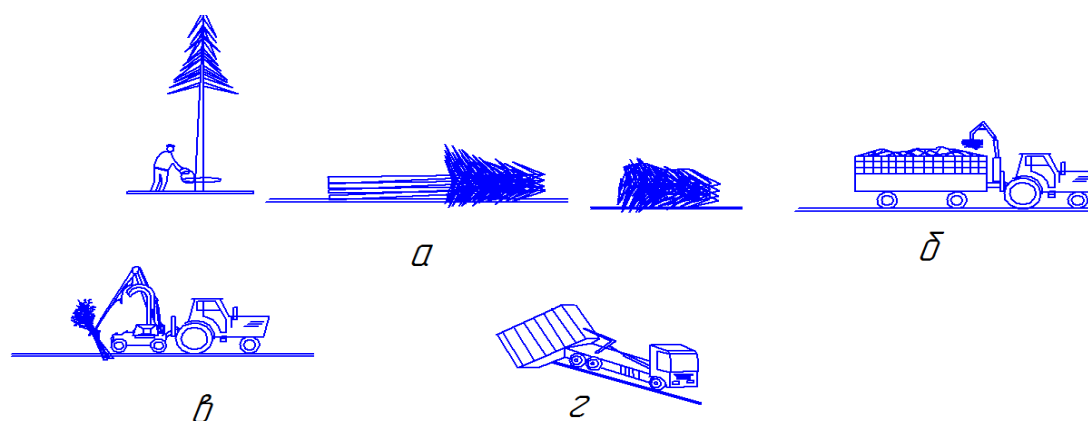


Рис 1.4. Технология заготовки щепы при разработке низкотоварной древесины:
 а – вальщик леса; б – подборщик-погрузчик;
 в – передвижная рубительная машина РРМ-5; г – щеповоз

Таблица 1.7

Техническая характеристика тракторного прицепа 2-ПТС-4

Наименование	Значение
Масса перевозимого груза, кг	4000
Масса неснаряженного прицепа (без инструмента, ЗИП, надставных бортов), кг	1710
Полная масса, кг	5710
Габаритные размеры прицепа, мм: - длина - ширина - высота	6255 2500 2500
Внутренние размеры платформы, мм: - длина - ширина - высота	4082 2318 530
Площадь платформы, м ²	9,5
Объем платформы, м ³	5
Максимальная скорость движения, км/ч	35
Угол опрокидывания платформы: назад, на сторону, град.	50
Подъемный механизм платформы	3-ступенчатый телескопический гидроцилиндр
Рабочее давление в гидросистеме, МПа (кгс/см ²)	17(170)
Время подъема груженого кузова, с	не более 30
Время опускания порожнего кузова, с	не более 60
Шины	9.00-16, ГОСТ 7463-80
Колеса	Дисковые
Количество колес, шт.	4
Давление в шинах, МПа	0,35 (3,5)

Таблица 1.8

Техническая характеристика рубительной машины РРМ-5

Наименование	РРМ-5
Тип	Роторный
Кол-во ножей	2
Производительность	5-20 м ³ /час
Фракция щепы	12-15 мм
Макс диаметр материала	150 мм
Обороты ротора	600-1000 об/мин
Диаметр ротора	700 мм
Для электродвигателей	22 кВт
Для тракторов	20-55 л.с.
Масса рубительной машины	350 кг
Размеры без трубы и бункера	750х750х900 мм

1.2.5. Производство щепы на терминале (низкосортные, низкотоварные бревна, отходы лесопиления и деревообработки)

Производство щепы на терминале предусматривает валку деревьев вручную (рис. 1.5).

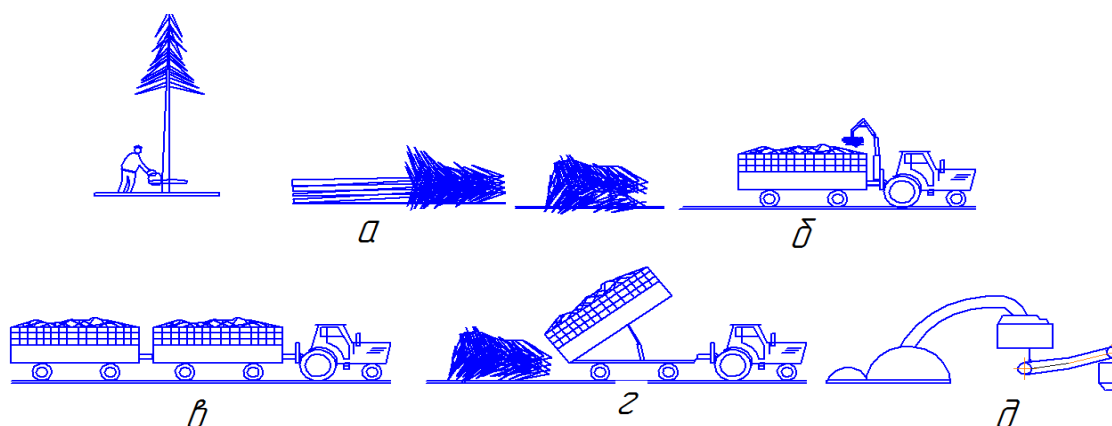


Рис.1.5. Технология заготовки низкокачественной древесины
и производство щепы на терминале:

a – вальщик леса; *б* – самопогружающийся прицеп 2-ПТС-4; *в* – трактор МТЗ-82;
г – выгрузка на ленточный транспортер; *д* – рубительная машина МРГС-5

Деревья спиливаются бензиномоторными пилами «Хускварна» (рис. 1.5, а). Отделение сучьев и ветвей от ствола производится вручную топорами или бензиномоторной пилой. Ветки и сучья от ствола в кучи переносят вручную. Из куч ветви, сучья и вершины грузят манипулятором в самопогружающийся прицеп 2-ПТС-4 (рис. 1.5, б).

По мере заполнения два прицепа формируются в состав и транспортируются на нижний склад колесным трактором МТЗ-82 (рис. 1.5, в).

Разгрузка прицепов осуществляется опрокидыванием кузовов вдоль фронта подающего ленточного транспортера (рис. 1.5, г).

Загрузка транспортера лесосечными остатками производится рабочими вручную. Вся масса лесосечных остатков (ветвей, сучьев и вершин) измельчается на горизонтальной рубительной машине МРГС-5 (рис. 1.5, д). Технические характеристики рубительной машины представлены в табл. 1.9. Щепа по транспортеру направляется в бункер и далее на склад щепы для последующей отгрузки потребителю, а часть подается в котельную.

Такая технология позволяет получать кроме хлыстов вторичное сырье для последующей переработки его в другие виды продукции, что создает возможность организации безотходного производства.

Таблица 1.9

Техническая характеристика рубительной машины МРГС-5

Объемная производительность, м ³ /ч (не менее):	
при рубке с одновременной загрузкой в два патрона и коэффициенте полнодревесности, равном 1	5
при рубке ветвей, сучьев и вершин в дополнительном патроне	1,5-2
Параметры (расчетные) вырабатываемой щепы, мм:	
Длина	20
Толщина	3
Ножевой диск:	
диаметр, мм	1000
количество ножей:	
на торцевой поверхности	4
на ободе	4
Размеры проходного сечения загрузочного патрона, мм:	
Основного	250x220
Дополнительного	250x180

1.3. Производительность рубительной машины

Производительность ($P_{см}$) самоходной или передвижной рубительной машины с бункером-накопителем для щепы в условиях лесосеки определяется по формуле

$$P_{см} = \frac{((T - t_{п-з}) \varphi_1 V_6)}{\left(\frac{10^4 V_6}{Sqik} - 1 \right) \cdot \frac{a}{v_{дв}} + \frac{10^4 V_6}{Sqik} \left(t_2 + \frac{Sqik}{10^4 lbhzn \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3} + t_3 \right) + \frac{L_{выб}}{v_{гр}} + t_4 + \frac{L_{выб}}{v_{хх}}},$$

где T – продолжительность смены, с;

$t_{п-з}$ – время на подготовительно-заключительные операции, с;

φ_1 – коэффициент использования рабочего времени;

V_6 – вместимость бункера-накопителя для щепы, м³;

S – площадь лесосеки (делянки, пасеки), осваиваемая лесозаготовительной техникой с одной технологической стоянки, м²;

- q – ликвидный запас древесины на 1 га, м^3 ;
 i – интенсивность рубки леса; зависит от вида рубки и технологии заготовки древесины;
 k – коэффициент, показывающий какая часть фитомассы спиленных деревьев подлежит переработке на щепу;
 a – среднее расстояние между двумя смежными технологическими стоянками рубительной машины, м;
 $v_{\text{дв}}$ – скорость движения рубительной машины при переездах с одной технологической стоянки на другую, м/с;
 t_2 – время на приведение гидроманипулятора рубительной машины в рабочее положение, с;
 l – длина вырабатываемой щепы, м;
 b, h – ширина и высота приемного окна подающего устройства рубительной установки, соответственно, м;
 z – число ножей на диске или барабане рубительной установки, шт.;
 n – число оборотов диска (барабана), с^{-1} ;
 φ_1 – коэффициент использования рабочего времени рубительной установки;
 φ_2 – коэффициент использования подающего механизма рубительной установки;
 φ_3 – коэффициент плотности подаваемого материала в рубительной установку;
 t_3 – время на приведение гидроманипулятора рубительной машины в транспортное положение, с;
 $L_{\text{выв}}$ – среднее расстояние вывозки заготовленной щепы на придорожный склад, м;
 $v_{\text{гр}}$ – скорость движения рубительной машины с полным бункером-накопителем щепы по волоку, м/с;
 t_4 – время на выгрузку щепы из бункера-накопителя в автощеповоз, с;
 $v_{\text{хх}}$ – скорость движения рубительной машины с пустым бункером-накопителем на лесосеку, м/с.

Приняв для расчета производительности рубительных машин $T=28800$ с, $t_{\text{п-з}} = 2400$ с и используя данные производства и справочной литературы, получим по формуле (1) производительность машины «Амкодор 2902» – $49 \text{ м}^3/\text{см}$ или машины «Беларус МР-25.02» – $40 \text{ м}^3/\text{см}$.

1.4. Расчетная часть

1. Необходимо выписать исходные данные согласно заданному варианту (табл.1.1):
2. Выбрать и описать технологию заготовки щепы, соответствующую заданию.
3. Определить объем заготовки в зимний период $Q_{\text{зим}}$, м^3 , из условия, что зимой вырубается 70 % древесины (древесина летней заготовки не годится на топливо в связи с большой загрязненностью):

$$Q_{зим} = Q_{руб} \cdot 0,7,$$

где $Q_{руб}$ – объем вырубki, м³

4. Определить количественный объем $Q_{пор}$, м³, по породам в соответствии с таксационной характеристикой насаждения лесосеки:

$$Q_{пор} = Q_{зим} k_{уч},$$

где $k_{уч}$ – коэффициент участия породы в насаждении (определяется в соответствии с составом из табл.1.1).

5. Определить количество отходов по каждой породе в соответствии с процентным соотношением формулы лесонасаждения из табл.1.10. Учитываются дрова топливные, отходы, тонкомер, обломки стволов, вершинки-сучья. Не учитываем технологические дрова, ветки, кору и зелень.

6. Составить сводную таблицу и определить сумму отходов в м³.

Таблица 1.10

Процентный выход древесной массы, %

Породы деревьев, произрастающих в Уральском регионе	Дрова топливные	Дрова для технологической переработки	Отходы	Тонкомерная древесина	Обломки стволов	Ветви и сучья	Кора	Масса древесной зелени
Дуб, клён	23,4	-	0,6	1,4	2,2	7,2	1,3	0,7
Берёза	21	17	3,9	5,0	6,3	5,5	-	0,6
Лиственница	17,4	-	2,2	0,3	1,6	4,7	2,9	0,5
Ольха	27,1	-	4,0	3,3	3,3	5,5	1,8	0,8
Сосна	12,3	10,2	0,7	4,1	4,1	4,2	1,1	0,6
Осина, липа	29,0	10,2	1,4	3,8	7,0	6,4	2,0	0,8
Ель	16,0	24,4	1,3	4,6	2,7	9,7	2,1	0,9
Кедр сибирск	11,0	-	0,4	1,1	3,8	5,4	2,7	0,9
Пихта	17,0	14,4	0,7	4,5	2,7	9,4	2,5	0,9

7. Определить вес отходов по породам на топливо в тоннах, используя табл. 1.11.

Таблица 1.11

Вес 1 плотного кубометра древесины в зависимости от породы и влажности

Порода древесины	Вес 1 плотного кубометра древесины, кг при влажности	
	25/20 %	50/33 %
Дуб, ясень или клён	730	860
Лиственница	700	820
Берёза	670	790
Ольха	540	650

Окончание табл. 1.11

Сосна	525	625
Осина или липа	500	600
Ель	470	560
Кедр сибирский	460	550
Пихта сибирская	410	490

8. Определить теплотворную способность полученной массы отходов на топливо, используя данные табл. 1.12.

Таблица 1.12

Характеристики древесного топлива

Параметры	Вид топлива			
	Нормированное	Первичное		
		Щепа топливная		Щепа сухая
	Гранулы	влажная	полусухая	
Влажность	8	60	45	12
Теплотворная способность, Гкал/т	$\geq 4,2$	1,279	2,052	3,8
Энергетический эквивалент по отношению к условному топливу	$\geq 0,6$	0,18	0,29	0,54
Насыпная плотность, ρ_n , т/м ³	0,63-0,67	$\geq 0,35$	$\geq 0,25$	0,08-0,12
Среднегодовой КПД энергогенерирующей установки, η , %	85	30	40	65
Теплопроизводительность, Q, Гкал/т	$\geq 3,57$	0,38	0,82	2,47
Удельный расход у. т. на производство тепла, т/Гкал	0,168	0,474	0,357	0,220

9. Привести вывод по проделанной работе.

2. РАСЧЕТ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ И ЗАТРАТ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ

Исходные данные для работы принимаются, исходя из табл. 1.1 (последний столбец).

- (А) – цехи: лесопильный, тарный, домостроения;
- (Б) – цехи: лесопильный, клееных изделий, погонажный;
- (В) – цехи: лесопильный, клееных изделий, домостроения;
- (Г) – цехи: лесопильный, столярный, погонажный;
- (Д) – цехи: лесопильный, погонажный, тарный.

2.1. Расчет количества отходов по цехам

Объем образующихся отходов перерабатывающих производств по цехам $V_{отх}$, м³ (табл. 2.1) определяется по выражению:

$$V_{отх} = \frac{V_{цех} P_{отх}}{100},$$

где $V_{цех}$ – объем цеховых отходов, м³;
 $P_{отх}$ – процент цеховых отходов, %.

Таблица 2.1

Ресурсы отходов лесоперерабатывающего производства

Наименование отходов по месту образования	Процент образующихся отходов $P_{отх}$, %	Объем образующихся отходов $V_{отх}$, м ³
Лесоскладские работы (объем заготовки + дрова)		
1) Раскряжевка хлыстов:		
- откомлевки	1	
- козырьки	0,5	
- опилки	1	
- дрова	17	
2) Склад хлыстов:		
- обломки стволов	2	
3) Склад сортиментов:		
- обломки сортиментов	1	
Всего отходов на складе:		
<i>Идет в переработку на топливо</i>		
1. Лесопиление (объем 60 % объема заготовки сырья), =		м ³
Выход пиломатериалов (55 % пиловочника) =		м ³
1) Отходы кусковые:		
- отторцовки	3	
- срезки, рейки	13	
- обапол дровяной	14	
2) Отходы мягкие:		
- опилки	6	
Всего отходов лесопиления:	36	
<i>Идет в переработку (75 %)</i>		
2. Производство клееных (46 % выхода пиломатериалов) =		м ³
1) Отходы кусковые:		
- отторцовки	28	
- срезки, рейки	13	
2) Отходы мягкие:		
-опилки	6	
Итого отходов цеха:		
3. Производство погонажных (45 % выхода пиломатериалов) =		м ³
Отходы кусковые:		
- отторцовки	5	
- срезки, рейки	16	

Окончание табл. 2.1

Отходы мягкие:		
- опилки	7	
- стружка	8	
Итого отходов цеха:		
4. Производство столярно-строительных (55 % выхода п/м) = м ³		
Отходы кусковые:		
- оторцовки	5	
- срезки, рейки	10	
Отходы мягкие:		
- опилки	8	
- стружка	4	
Итого отходов цеха:		
5. Цех деталей домостроения 70 % (выхода пиломатериалов) = м ³		
Отходы кусковые:		
- оторцовки	3	
- срезки, рейки	14	
Отходы мягкие:		
- опилки	11	
- стружка	3	
Итого отходов цеха:		
6. Тарный цех (20 % выхода пиломатериалов) = м ³		
Отходы кусковые:		
- оторцовки	13	
- срезки, рейки	23	
Отходы мягкие:		
- опилки	9	
- стружка	-	
Итого отходов цеха:		
<u>Итого отходов на топливо в деревоперерабатывающих производствах:</u>		

2.2. Организация переработки и хранения щепы

Составить схему участка переработки кусковых и мягких отходов на топливную щепу, включая:

- механическую подвозку и разгрузку отходов от цехов переработки;
- рубительную машину (или дробилку);
- механизированный склад щепы с погрузчиком.

2.3. Расчет потребления древесного топлива на отопление собственных объектов

Расчет потребления древесного топлива на отопление производится, исходя из строительных размеров здания (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Строительные размеры зданий

Наименование цеха	Строительные размеры зданий цехов, м		
	Длина	Ширина	Высота
Лесопильный	60	18	8
Клееных материалов	60	12	7
Погонажных изделий	42	12	5
Столярный	36	12	6
Домостроения	48	18	7
Тарный	36	12	6
АБК*	24	12	4
РММ**	40	26	6
Гараж	60	26	8

*Административно-бытовой комплекс цеха.

**Ремонтно-механические мастерские.

2.3.1. Количество энергии, получаемое из отходов перерабатывающего производства

Вес щепы, получаемой из отходов от заготовки и переработки древесины $M_{щ}$, кг, определяется по выражению:

$$M_{щ} = \rho_{12} V_{щ},$$

где ρ_{12} – средняя стандартная плотность (удельный вес) древесины, кг/м³ (для расчетов принимается 670 кг/м³);

$V_{щ}$ – объем всех отходов перерабатывающих цехов, м³.

Теплота сгорания топлива равна 2440 ккал/кг, следовательно, из общего веса щепы $M_{щ}$ можно получить тепловую энергию \mathcal{E} , ккал, в размере:

$$\mathcal{E} = 2440 \cdot M_{щ}.$$

Используя табл. 2.3, необходимо перевести тепловую энергию \mathcal{E} , ккал, в электроэнергию, кВт·ч.

Таблица 2.3

Связь между единицами работы (энергии)

Вид энергии	Эквивалент для перевода			
	в электро- энергию, кВт·ч	в тепловую энергию, ккал	в тепловую энергию, ГДж	в условное топливо, кг у.т.
Электроэнергия, кВт·ч	1	860	$3,6 \cdot 10^{-3}$	0,123
Тепловая энергия, ккал	$1,163 \cdot 10^{-3}$	1	$4,19 \cdot 10^{-6}$	$143 \cdot 10^{-6}$
Тепловая энергия, ГДж	$0,278 \cdot 10^3$	$0,239 \cdot 10^6$	1	34
Условное топливо, кг у.т.	8,141	7000	$29,33 \cdot 10^{-3}$	1

2.3.2. Расчет количества энергии, необходимой для обогрева помещений предприятия

Максимальный расход тепла на отопление по укрупненным измерителям Q , ккал/ч, определяется по выражению:

$$Q = q_0 \alpha (t_c - t_n) V_n,$$

где q_0 – удельная тепловая характеристика на отопление, ккал/ м³·ч°С (в расчетах принимаем равной 0,55);

α – поправочный коэффициент на изменение удельной тепловой характеристики в зависимости от местных климатических условий (в расчетах принимаем равным 1.17);

t_c – усредненная расчетная внутренняя температура отапливаемых помещений, 18 °С;

t_n – наружная температура, –15 °С ;

V_n – строительная кубатура зданий, м³, (табл. 2.2).

Суммируя максимальный расход тепла на отопление каждого цеха (заданного заданием), определяем, сколько за час предприятие потребляет тепла, $\sum Q$, тыс. ккал:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n.$$

Годовой расход тепла на отопление предприятия $Q_{год}$, тыс. ккал, определяется по выражению:

$$Q_{год} = n_o n_d \sum Q,$$

где n_o – продолжительность отопительного периода, дни;

n_d – продолжительность работы системы отопления, час/сутки.

Баланс использования древесного сырья за год, Val , кВт·ч:

$$Val = \mathcal{E} - Q_{год},$$

где \mathcal{E} – ресурс тепловой энергии, кВт·ч;

$Q_{год}$ – потребное количество энергии для отопления предприятия, кВт·ч.

С учетом вышеприведенных расчетов необходимо сделать вывод, что при сжигании щепы в котельной вырабатывается достаточное (недостаточное) количество энергии для обогрева помещений предприятия, а также о необходимости продажи части энергии населению. Если имеется переизбыток производства энергии, то отпадает необходимость в покупке тепловой энергии, предприятие может работать за счет своих ресурсов.

Предполагаемый избыток топливной щепы можно переработать в нормированное топливо (пеллеты или брикеты) для реализации его населению и оптовым покупателям.

3. ПРОИЗВОДСТВО НОРМИРОВАННОГО ТОПЛИВА

Исходной информацией для данной работы служат практические занятия, проводимые в цехе гранулированного топлива в ООО «Режевской леспромхоз», (г. Реж) и в ООО ЛПК «Коуровский лес» (пос. Прогресс).

Как известно, технологии цехов по производству пеллет и брикетов похожи, за некоторыми исключениями. В изучаемом нами цехе могут производиться как брикеты, так и пеллеты.

На основании изучения представленной ниже технологии цеха брикетов необходимо:

1. Составить схему этого цеха производства пеллет по представленному описанию технологии (3.5).
2. Отметить различия в технологии этих цехов.

3.1. Цех производства брикетов

Брикетирование – процесс, во время которого материал прессуется под высоким давлением. При прессовании под высоким давлением температура материала повышается и происходит выделение связывающих веществ, за счет которых и осуществляется склейка материала и дальнейшее формирование брикета. Минимальная влажность прессуемого материала составляет 6 %. Оптимальная влажность материала для брикетирования варьируется в зависимости от породы и фракции последнего, оптимальное содержание влажности от 6 до 12 %.

Спецификация сырья. Сырьем для получения топливных брикетов служат отходы нижнего склада, лесопиления и деревообработки. К ним относятся: горбыль, рейки, срезки, короткомер, стружка, опилки, отходы производства технологической щепы, древесная пыль, кора.

Горбыль. Образуется в процессе распиловки при изготовлении бруса или обрезной доски.

Стружка. Получается строганием древесины вдоль волокон.

Древесная пыль. Образуется при шлифовании древесины, фанеры и древесных плит. Основная часть частиц проходит через сито с отверстием 0,5 мм.

Опилки. Образуются при продольной и поперечной распиловке древесины. Они проходят через сито с отверстиями 5–6 мм.

Щепа. Получают при измельчении древесины и древесных отходов в рубительных машинах. Основная часть щепы проходит через сито с отверстиями 30 мм и остаётся на сите с отверстиями 5–6 мм.

Фракционный состав древесной щепы, предназначенный для энергетического использования, практически не нормируется, но недопустимо содержание в топливе частиц, размер которых превышает 100 мм, а также нежелательно содержание частиц размером менее 5 мм в количестве более 30 %.

3.2. Выбор и обоснование вида топливных брикетов и их краткая характеристика

В проекте рассматриваются три вида топливных брикетов, один из которых принимается в качестве внедряемого из-за наилучшего качества.

Существуют несколько основных видов топливных брикетов: брикеты ударно-механические; гидравлические Ruf (Руф); экструдерные Pini Kay (Пиникей); гидравлические Nestro (Нестро). Эта классификация построена на типах брикетировочного оборудования.

Брикеты, получаемые на ударно-механических (кривошипно-шатунных) прессах. Имеют форму цилиндра диаметром 40–110 мм чаще без отверстия, но бывают и с отверстием (рис. 3.1). Иногда бывают квадратной формы.

Выходят из пресса бесконечным цилиндром (квадратом), затем или нарезаются специальной пилой на мерные отрезки или ломаются на отрезки более-менее определенной длины, могут быть в виде шайб длиной 5–20 мм.



Рис. 3.1. Брикеты цилиндрической формы

Брикеты **Ruf** (РУФ) – часто называют «кирпичик». Изготавливаются прямоугольной формы на гидравлическом прессе с опорой на неподвижную плиту, имеют ширину 100 мм, длину 150 мм, высоту 60 мм (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Брикеты Ruf (РУФ)

Круглые гидравлические брикеты (**Nestro** – Нестро) производят на гидравлических прессах с созданием противодействия цангой. Эти брикеты бывают диаметром 50–90 мм, длиной 50–100 мм (рис. 3.3). Упаковываются обычно в мешки.



Рис. 3.3. Брикеты **Nestro** – Нестро

Брикеты **Pini Kay** (топливные брикеты Пиникей). Прессуются экструдерным способом. Имеют форму шести-, четырехугольников с отверстием посередине, снаружи покрыты темной коркой из-за обжига поверхности (рис. 3.4). Эти брикеты имеют диаметр 65 мм, длину 250 мм.



Рис. 3.4. Брикеты Пиникей (**Pini Kay**)

Преимущества топливных брикетов Pini Kay. Получение готовой продукции из древесины сопряжено с потерями, которые принято называть отходами. Отходы на этапе подготовки леса могут достигать нескольких

десятков процентов (пни, сучья, хвоя и т.д.) Типичная лесопилка превращает около 60 % древесины в доски, при этом 12 % уходят в опил, 6 % – в концевые обрезки и 22 % – в горбыль и обрезки кромок.

Преимущества древесных брикетов по сравнению с традиционными видами топлива:

- теплотворная способность их составляет 4,3 – 4,5 кВт/кг, что в 1,5 раза больше, чем у древесины, и сравнима с углем;
- конструктивные особенности топок позволяют автоматизировать процесс получения необходимого количества тепловой энергии;
- горение брикетов в топке котла происходит более эффективно – количество остатков (зола) не превышает 0,5–1 % общего объема используемых брикетов;
- при горении брикеты дают устойчивое высокое пламя до полного сгорания в течение 2,5–3 часов. В режиме тления качественные брикеты могут гореть до 5–7 часов;
- брикеты не содержат скрытых пор, склонных к самовоспламенению при повышении температуры;
- при использовании брикета не образуется пыль и мелкая фракция, которые загрязняют воздух, пачкают продукты и одежду;
- при сгорании топливных брикетов в окружающий воздух выделяется намного меньше СО, чем при сгорании традиционных видов топлива:
 - в 15 раз меньше, чем при сгорании природного газа;
 - в 20 раз меньше, чем при сгорании дизтоплива;
 - выброс серы в окружающую среду составляет всего 0,032 %.

Благодаря вышеперечисленным качествам, древесные брикеты обладают высокой конкурентоспособностью по сравнению с другими видами топлива.

3.3. Выбор и обоснование оборудования и его краткая характеристика

В проекте выбирается оборудование для выполнения технологических операций с таким расчетом, чтобы необходимая продукция была выполнена при наименьших трудозатратах.

Рубительная машина РМ-5 предназначен для измельчения древесных отходов в технологическую щепу (горбыль, рейка, оторцовка и т.д.). Обладает высокой производительностью, исключительной надежностью и гибкой комплектацией.

Сушильный барабан СБ-4,5 используется для сушки опилок, щепы и других видов кусковых отходов. Преимуществами такого оборудования являются: низкое потребление электроэнергии; надежность работы; простота монтажа; возможность сушить высоковлажный, засоренный

материал; высокое качество сушки за счет интенсивного перемешивания материала.

Дробилка молотковая предназначена для измельчения сырья до однородной фракции. Преимуществами являются: низкое потребление электроэнергии, высокая производительность.

Пресс брикетирующий ПБ – 75 предназначен для изготовления топливных брикетов из древесных отходов путем прессования шнеком сырья под высоким давлением при нагревании от 200 °С до 350 °С. Достоинствами пресса являются: малая энергозатратность, высокая производительность, простота обслуживания, надежность в работе и быстрое восстановление рабочего шнека.

Шнековый транспортер предназначен для подачи сырья в бункер пресса. Транспортер более предпочтителен, поскольку занимает меньше места и практически не требует вмешательства рабочего в процессе работы.

Таким образом, предлагаемая технологическая взаимосвязь оборудования позволяет устойчиво работать цеху при любых непредвиденных остановках одной или нескольких станков. Технологическая схема отработана практикой и представляет сейчас наиболее экономичный вариант компоновки оборудования. Сводные данные производительности используемого оборудования представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Производительность используемого оборудования

Тип оборудования	Марка	Производительность
Рубительная машина	МРНП-10-1	10 м ³ /ч
Транспортер опилочный цепной	ТОЦ 16-5	21 м ³ /ч
Твердотопливный генератор	ТГТ 300	6000 м ³ /ч
Сушилка барабанная	СБ – 4,5	1 т/ч
Дробилка молотковая	ДМ-4	1 т/ч
Шнековый транспортер	ТШ – 403/1	8 т/ч
Бункер-питатель		30 м ³ /ч
Пресс брикетировочный	ПБ – 75	1200 кг/ч
Полуавтоматическая упаковочная машина	ТПЦ АП 550 М	70 упак./час
Упаковочная машина	EXS-206	2,5 сек/обвязка

3.4. Технологический процесс производства брикетов

Схема технологического процесса производства брикетов представлена на рис. 3.5.

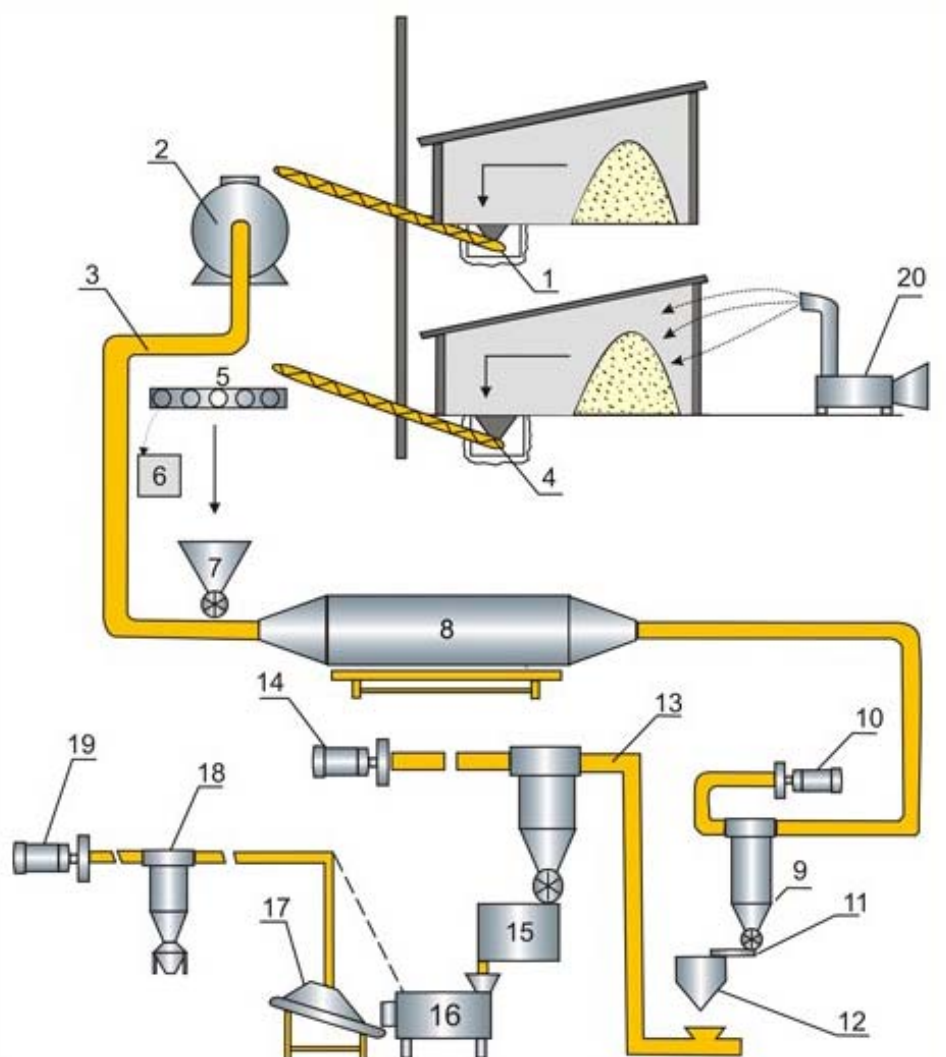


Рис. 3.5. Схема производства топливных брикетов:

- 1 – скребковый транспортер; 2 – теплогенератор; 3 – воздуховод;
 4 – скребковый транспортер; 5 – дисковый сепаратор; 6 – емкость крупных
 отходов; 7 – загрузочный бункер; 8 – сушилка барабанная; 9 – циклон;
 10 – вентилятор; 11 – магнитная лента; 12 – дробилка; 13 – система
 пневмотранспорта; 14 – вентилятор пневмотранспорта; 15 – емкость с мешалкой;
 16 – пресс; 17 – охладитель; 18 – циклон аспирации; 19 – вентилятор аспирации;
 20 – рубительная машина

Подготовительный этап

Влажные опилки или стружка, хранящиеся под навесом, загружаются в бункер скребкового транспортера 1 и подаются в теплогенератор прямого нагрева 2. Опилки используются в качестве топлива. К теплогенератору подведен воздуховод 3, по которому нагретый воздух поступает в сушилку. Из этого же склада сырье загружается в бункер скребкового транспортера 4 с частотным регулятором и подается на дисковый сепаратор 5

для первичной сортировки. Крупные куски отделяются от общей массы и удаляются в емкость 6.

Если имеются крупные отходы, то в линию необходимо включить рубительную машину 20, которая перерабатывает горбыль, шпон, крупные куски в технологическую щепу.

Сушка

Очищенный опил подается в приемный бункер 7 барабанной сушилки 8, подхватывается нагретым воздухом, поступающим по воздухопроводу 3. Смесь воздуха и опила поступает в сушилку 8, где происходит интенсивная сушка.

Дробление

По материалопроводу высушенные опилки поступают в циклон 9, откуда выгружается в дробилку 12, где происходит его дальнейшее измельчение. Отработанный воздух выбрасывается в атмосферу вентилятором 10.

Прессование

Материалопровод пневмотранспорта 13 подает вентилятором 14 измельченное сырье в емкость 15. Внутри емкости находится мешалка, препятствующая слеживанию материала. Затем материал выводится в пресс 16, где происходит формирование брикетов.

Резка брикетов (для экструдерных прессов)

Брикет, выходящий из экструдерного пресса, идет сплошным брусом, поэтому для нарезки брикетов на мерную длину должен использоваться торцовщик брикетов – устройство, позволяющее разрезать брус в процессе движения.

Охлаждение

Брикеты, выходящие из экструдерного пресса, имеют высокую температуру и непрочны. Для того, чтобы придать им нужную твердость, влажность и температуру, необходимо охлаждение. Из пресса брикеты попадают в охладитель 17, где происходит их охлаждение и очистка от мелких частиц. На выходе из охладителя устанавливается циклон аспирации 18. Он улавливает пыль и мелкие частицы, которые направляются потом на повторное прессование.

3.5. Цех производства топливных гранул (пеллет)

На рис. 3.6. представлена общая схема линии для производства пеллет из опилок, щепы, стружки влажностью более 15 %.

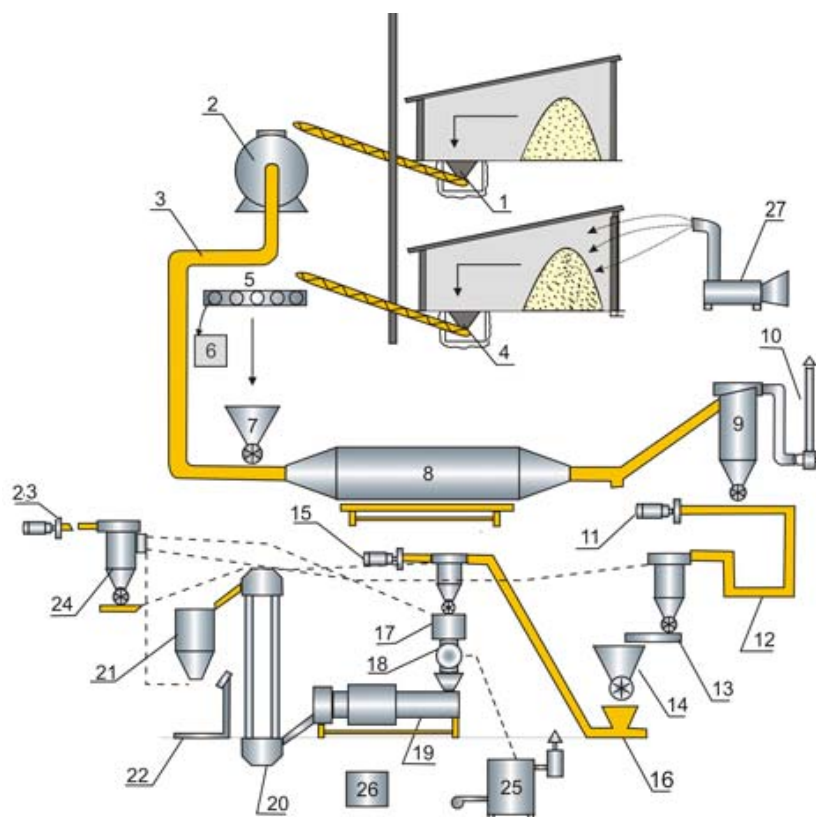


Рис. 3.6. Общая схема линии для производства пеллет из опилок, щепы, стружки влажностью более 15 %:

- 1 – скребковый транспортер; 2 – теплогенератор; 3 – воздуховод; 4 – скребковый транспортер; 5 – дисковый сепаратор; 6 – емкость крупных отходов; 7 – загрузочный бункер; 8 – барабанная сушилка; 9 – циклон; 10 – вентилятор; 11, 15 – вентилятор пневмотранспорта; 12 – система пневмотранспорта; 13 – магнитная лента; 14 – дробилка; 16 – система пневмотранспорта; 17 – емкость с мешалкой; 18 – пресс-гранулятор; 19 – охладитель-сепаратор; 20 – нория; 21 – бункер готовой продукции; 22 – весы; 23 – вентилятор аспирации; 24 – циклон; 25 – парогенератор; 26 – пульт управления; 27 – рубительная машина

Подготовительный этап

Влажные опилки или стружка, хранящиеся под навесом, загружаются в бункер скребкового транспортера 1 и подаются в теплогенератор непрямого нагрева 2. Опилки используются в качестве топлива. К теплогенератору подведен воздуховод 3, по которому нагретый воздух поступает в сушилку. Из этого же склада сырье загружается в бункер скребкового транспортера 4 с частотным регулятором и подается на дисковый сепаратор 5 для первичной сортировки. Крупные куски отделяются от общей массы и удаляются в емкость 6. Если имеются крупные отходы, то в линию необходимо включить рубительную машину 27, которая перерабатывает горбыль, шпон, крупные куски в технологическую щепу.

Сушка

Очищенный опил подается в приемный бункер 7 барабанной сушилки 8, подхватывается нагретым воздухом, поступающим по воздуховоду 3. Смесь воздуха и опила поступает в сушилку 8, где происходит интенсивная сушка.

Дробление

Высушенные опилки засасываются в циклон 9, где осаждаются и через шлюзовый затвор поступают в систему пневмотранспорта 12. Отработанный воздух выбрасывается в атмосферу вентилятором 10. По материалопроводу пневмотранспорта материал поступает в циклон, откуда выгружается в дробилку 14, где происходит его дальнейшее измельчение.

Прессование

Материалопровод пневмотранспорта 16 подает измельченное сырье в емкость 17. Внутри емкости находится мешалка, препятствующая слеживанию материала. На этой стадии необходимо увлажнение, так как сырье с влажностью менее 8 % плохо поддается склеиванию во время прессования. Материал увлажняется до уровня, необходимого для образования прочных гранул в смесителе пресса. Вода или пар для увлажнения подается парогенератором 25. Затем материал выводится в пресс-гранулятор 18, где затягивается между вращающейся матрицей и прессующими вальцами, продавливается в радиальные отверстия матрицы, таким образом под действием большого давления происходит формирование гранул. Выдавленные из отверстий гранулы обрезаются ножом.

Охлаждение

Гранулы, выходящие из пресса, имеют высокую температуру и непрочны. Для того, чтобы придать им нужную твердость, влажность и температуру, необходимо охлаждение. Из пресса гранулы попадают в охладитель-сепаратор 19, где происходит их охлаждение и очистка от мелких частиц. На выходе из охладителя устанавливается циклон аспирации 24. Он улавливает пыль и мелкие частицы, которые направляются потом на повторное прессование.

Упаковка

Норией 20 гранулы подаются в бункер готовой продукции 21. Под этим бункером находятся электронные весы 22, а на стойках бункера имеются крючки для вывешивания упаковочных мешков («биг-бэгов»). Готовые гранулы попадают в мешки. Заполненные мешки погрузчиком или гидравлической тележкой транспортируются на склад готовой продукции.

Задание. Схематично выполнить чертеж технологического процесса производства брикетов или пеллетов и описать отличия между ними.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВЕСИНЫ

Древесная биомасса, как твердое органическое топливо характеризуется элементарным составом, который условно можно представить как сумму всех химических элементов и соединений, входящих в топливо. При этом их содержание дается в процентах к массе 1 кг топлива. Для твёрдого топлива элементарный состав можно записать следующим образом:

$$C + H + O + N + A + W = 100 \%,$$

где C, H, O, N – содержание в древесной массе углерода, водорода, кислорода и азота, соответственно, %;

A, W – содержание в топливе золы и влаги, %.

При изучении технических характеристик твердого древесного топлива различают его рабочую, сухую, горючую массу. Составу каждой массы присваивается соответствующий индекс: рабочая – р; сухая – с; горючая – г.

Топливо в том виде, в каком оно поступает к потребителю и подвергается сжиганию, называется рабочим, а масса и ее элементарный состав – рабочей массой и рабочим составом, соответственно.

Элементарный состав рабочей массы записывается следующим образом:

$$C^p + H^p + O^p + N^p + A^p + W^p = 100 \, \%.$$

Сухая масса топлива представляет собой биомассу, высушенную до абсолютно сухого состояния. Ее состав выражается уравнением:

$$C^c + H^c + O^c + N^c + A^c = 100 \, \%.$$

Горючая масса топлива – это биомасса, из которой удалены влага и зола. Ее состав определяет уравнение

$$C^g + H^g + O^g + N^g = 100 \, \%.$$

В горючую часть древесного топлива входит углерод и водород. При сжигании 1 кг углерода выделяется 33,65 МДж (8031 ккал/кг), водорода – 141,5 МДж (33770 ккал/кг).

Негорючие элементы в технических характеристиках топлива составляют его балласт, при этом кислород и азот принято называть внутренним балластом, а золу и влагу – внешним.

Элементарный состав горючей массы стволовой древесины практически одинаков для всех пород. Как правило, варьирование содержания отдельных компонентов горючей массы стволовой древесины находится в пределах погрешности технических измерений. На основании этого при теплотехнических расчетах, наладке топочных устройств, сжигающих стволовую древесину можно без большой погрешности принимать следующий состав стволовой древесины на горючую массу:

$$C^g = 51\%, \quad H^g = 6,1\%, \quad O^g = 42,3\%, \quad N^g = 0,6 \, \%.$$

Формула пересчета с рабочей массы на сухую имеет вид:

$$C^C = C^P \frac{100}{100 - W^P}.$$

Пересчет с сухой и рабочей масс топлива на горючую производится по формулам табл. 4.1.

Таблица 4.1

Формулы пересчета состава и теплоты сгорания

Заданная масса топлива	Искомая масса топлива		
	горючая	сухая	рабочая
Горючая	1	$\frac{100 - A^C}{100}$	$\frac{100 - W^P - A^P}{100}$
Сухая	$\frac{100}{100 - A^C}$	1	$\frac{100 - W^P}{100}$
Рабочая	$\frac{100}{100 - A^P - W^P}$	$\frac{100}{100 - W^P}$	1

Пересчет зольности на рабочую массу проводится по формуле

$$A^P = A^C \left(\frac{100 - W^P}{100} \right),$$

где A^P – содержание золы в расчете на рабочую массу, %;

A^C – содержание золы на сухую массу топлива, %;

W^P – рабочая влажность топлива, %.

Пересчет состава (%) рабочей массы топлива при изменении влажности проводится по формуле

$$C^2 = C^1 \frac{100 - W^2}{100 - W^1},$$

где W^1 — начальная влажность топлива, %;

W^2 — конечная влажность топлива, %.

Наиболее важной характеристикой топлива является теплота сгорания, которой называют количество тепла, получаемого при сжигании 1 кг твердого или жидкого топлива в кДж/кг (ккал/кг), 1 ккал = 4,19 кДж. Различают высшую и низшую теплоту сгорания.

Высшая теплота сгорания – это количество тепла, выделившееся при сгорании 1 кг биомассы при полной конденсации паров, образовавшихся при горении, с отдачей ими тепла, израсходованного на их испарение (так называемой скрытой теплоты парообразования.) Высшая теплота сгорания Q_P^B , кДж/кг, определяется по формуле Д.И. Менделеева

$$Q_P^B = 339 C^P + 1256 H^P - 109 O^P.$$

При сжигании топлива в топках котлов уходящие газы имеют температуру, при которой влага находится в парообразном состоянии. Поэтому в

этом случае применяют низшую теплоту сгорания, которая не учитывает теплоту конденсации водяных паров.

Низшая теплота сгорания – количество тепла, выделившееся при сгорании 1 кг биомассы, без учета тепла, израсходованного на испарение влаги, образовавшейся при сгорании этого топлива

$$Q_P^H = 339 C^P + 1256 H^P - 109 O^P - 25,14 (9 H^P + W^P).$$

Теплота сгорания стволовой древесины зависит только от двух величин: зольности и влажности. Низшая теплота сгорания горючей массы стволовой древесины практически постоянна и равна 18,9 МДж/кг (4510 ккал/кг).

На основании стабильности горючей массы стволовой древесины и независимости ее от породы древесины нетрудно вывести формулу теплоты сгорания стволовой древесины для любой влажности и зольности. Она будет иметь следующий вид:

$$Q_P^H = 18900 - 214W^P - 189A^P,$$

где Q_P^H – теплота сгорания стволовой древесины при влажности W^P и зольности A^P , кДж/кг.

Для выполнения задания необходимо пользоваться данными табл. 4.2.

Таблица 4.2

Исходные данные

№ задания	Задание
1	Определить состав рабочей массы топлива, содержание горючей массы которого равно: $C^P = 75,5 \%$; $H^P = 5,5 \%$; $O^P = 17,04 \%$; $N^P = 1,6 \%$; $A^P = 10 \%$; $W^P = 15 \%$
2	Определить состав сухой массы топлива, если оно имеет следующую рабочую массу: $C^P = 51,5 \%$; $H^P = 5,5 \%$; $O^P = 16,7 \%$; $N^P = 1,3 \%$; $A^P = 10 \%$; $W^P = 15 \%$
3	Определить, как изменится состав топлива при его увлажнении до 20 %, если состав его сухой массы равен: $C^C = 50 \%$; $H^C = 6,1 \%$; $O^C = 33,3 \%$; $N^C = 0,6 \%$; $A^C = 10 \%$
4	Рассчитать высшую теплоту сгорания топлива, если его сухая масса имеет с $C^C = 50 \%$; $H^C = 6,1 \%$; $O^C = 33,3 \%$; $N^C = 0,6 \%$; $A^C = 10 \%$
5	Рассчитать низшую теплоту сгорания топлива, если его рабочая масса имеет следующий состав: $C^P = 51,5 \%$; $H^P = 5,5 \%$; $O^P = 16,7 \%$; $N^P = 1,3 \%$; $A^P = 10 \%$; $W^P = 15 \%$
6	Определить состав горючей массы щепы если состав его рабочей массы равен: $C^P = 29 \%$; $H^P = 4 \%$; $O^P = 20 \%$; $N^P = 10 \%$; $A^P = 1 \%$; $W^P = 45 \%$
7	Определить состав рабочей массы щепы, содержание горючей массы которого равно: $C^P = 51 \%$; $H^P = 6,1 \%$; $O^P = 42,3 \%$; $N^P = 0,6 \%$; $A^P = 10 \%$; $W^P = 15 \%$
8	Рассчитать низшую теплоту сгорания опилок, если его рабочая масса имеет следующий состав: $C^P = 25 \%$; $H^P = 2 \%$; $O^P = 18 \%$; $N^P = 0,5 \%$; $W^P = 46 \%$

Окончание табл. 4.2

9	Определить состав горючей массы дров, щепы в смеси с опилками если состав его рабочей массы равен: $C^P = 29 \%$; $H^P = 3 \%$; $O^P = 22 \%$; $N^P = 1 \%$; $A^P = 1 \%$; $W^P = 44 \%$
10	Определить состав сухой массы древесно-шлифовальной пыли, если оно имеет следующую рабочую массу: $C^P = 35 \%$; $H^P = 4 \%$; $O^P = 28 \%$; $N^P = 1,2 \%$; $A^P = 0,8 \%$; $W^P = 31 \%$
11	Определить, как изменится состав топлива при его увлажнении до 40 %, если состав его сухой массы равен: $C^C = 49 \%$; $H^C = 6,1 \%$; $O^C = 33,4 \%$; $N^C = 0,5 \%$; $A^C = 11 \%$
12	Рассчитать высшую теплоту сгорания топлива, если его сухая масса имеет: $C^C = 50 \%$; $H^C = 5,7 \%$; $O^C = 35,3 \%$; $N^C = 1 \%$; $A^C = 8 \%$
13	Рассчитать низшую теплоту сгорания топлива, если его рабочая масса имеет следующий состав: $C^P = 50 \%$; $H^P = 7 \%$; $O^P = 16,7 \%$; $N^P = 2,3 \%$; $A^P = 9 \%$; $W^P = 15 \%$
14	Определить состав горючей массы щепы если состав его рабочей массы равен: $C^P = 28 \%$; $H^P = 2,9 \%$; $O^P = 25 \%$; $N^P = 1 \%$; $A^P = 0,1 \%$; $W^P = 43 \%$
15	Определить состав сухой массы древесно-шлифовальной пыли, если он имеет следующую рабочую массу: $C^P = 36 \%$; $H^P = 3 \%$; $O^P = 25 \%$; $N^P = 0,5 \%$; $A^P = 1,5 \%$; $W^P = 34 \%$

По результатам выполненного задания, привести выводы о влиянии влажности и зольности топлива на его теплотехнические характеристики.

5. РАСЧЕТ КОТЛОАГРЕГАТОВ

5.1. Расчет КПД котлоагрегата КВу-03

Показателем эффективности котла служит коэффициент полезного действия (КПД). Коэффициент полезного действия котла – отношение полезно использованной теплоты ко всей теплоте, внесенной в топку котла при сжигании топлива:

$$\eta_{ка} = \frac{Q_l}{Q_{ri}} 100 \%,$$

где Q_l – используемая теплота;

Q_{ri} – низшая теплота сгорания топлива.

По ряду причин не все тепло, выделившееся во время горения топлива и внесенное с воздухом, поданным на горение, расходуется на нагрев теплоносителя. Часть тепла теряется. Выделяют пять основных потерь тепла в котле:

- $q_2 = \frac{Q_2}{Q_{ri}} 100 \%$ – с теплом уходящих газов;

- $q_3 = \frac{Q_3}{Q_{ri}} 100\%$ – от химической неполноты сгорания топлива (химический недожег);

- $q_4 = \frac{Q_4}{Q_{ri}} 100\%$ – от механической неполноты сгорания топлива (механический недожег);

- $q_5 = \frac{Q_5}{Q_{ri}} 100\%$ – потери тепла в окружающую среду;

- $q_6 = \frac{Q_6}{Q_{ri}} 100\%$ – потери с физическим теплом шлака.

Полезно используемую теплоту определяют путем вычитания из теплоты сгорания топлива Q_{ri} суммарных потерь теплоты, кДж/кг или ккал/кг

$$Q_1 = Q_{ri} - (Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6),$$

или (в процентах)

$$q_1 = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6).$$

Рассмотрим возможный достижимый КПД котла при слоевом сжигании твердого топлива в котле.

Оценим потери q_6 – потери с физическим шлаком:

$$q_6 = \frac{Q_6}{Q_{ri}} 100\% = \frac{a_{шл}(cv)_{шл} A^P}{Q_{ri}},$$

где $a_{шл} = 1 - a_{ун}$ – доля шлака в слое топлива, определяется по доле уноса золы из топки котла $a_{ун}$ (при правильно организованном процессе горения составляет 5–20 %);

$(cv)_{шл} = 133,8$ ккал/кг – энтальпия золы (шлака) при температуре 600 °С (нормы теплового расчета);

A^P – зольность на рабочую массу топлива, зависит от вида топлива и колеблется в пределах 5–45 %, при сжигании пеллет = 1 %; при сжигании щепы влажностью 30 % составляет 14 %;

Q_{ri} – низшая теплота сгорания топлива, зависит от вида топлива и колеблется в пределах 2500–5400 ккал/кг (принимается 2240 ккал/кг для щепы, и 4100 ккал/кг для пеллет).

Оценим потери q_5 . С увеличением номинальной производительности котла доля ограждающей поверхности на единицу вырабатываемой мощности уменьшается, следовательно, уменьшаются и потери q_5 . Потери тепла от наружного охлаждения для котлов малой мощности составляют от 0,1 до 4 МВт колеблются в пределах 2,5–3,5 % (Нормы теплового расчета). С учетом теплозащиты котла принимаем 3 %.

Оценим потери q_4 . Данный вид потерь в большей степени зависит от типа топочного устройства, применяемого для сжигания конкретного вида топлива. Потери от механической неполноты сгорания топлива колеблются в пределах 3 % (Нормы теплового расчета).

Оценим потери q_3 . Данный вид потерь зависит от полноты смешивания топлива с воздухом. Потери тепла от химической неполноты сгорания топлива колеблются в пределах 0,5–1 % (Нормы теплового расчета). Для расчета принимаем 1 %, так как сгорание происходит на неподвижной решетке.

Оценим потери q_2 . Данный вид потерь является основным и зависит от вида топлива, температуры уходящих газов, организации топочного процесса и конструктивных особенностей котла (эффективности организации теплообмена). Учитывая низшую рекомендованную температуру уходящих газов по нормам теплового расчета 150 °С, потери q_2 варьируются в пределах 9 %. Для наших условий, по данным техпаспорта принимаем 6 %.

Суммируя все потери, определяем максимально достижимый КПД котла КВу-03 при сжигании пеллет и щепы.

5.2. Расчетный расход топлива

Одной из основных характеристик при выборе котла, работающего на отходах древесины, можно считать расход топлива. Для определения расхода топлива необходимо количество энергии, отдаваемое котлом, разделить на количество энергии, получаемое при сжигании 1 кг топлива (без учета потерь и КПД). Удельная теплота сгорания топлива измеряется в Дж/кг. Соответственно, мощность котла, выражаемую в Вт надо привести к Дж. Для этого, зная, что 1 Вт=1 Дж/с, необходимо для случая часового расхода мощность котла в Вт умножить на 3600 секунд, составляющих час.

Пример расчета: котел КВм(а)-0,82 мощностью 820кВт/ час производит $820000 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 2\,952\,000\,000$ Дж тепловой энергии.

Рассчитать аналогично примеру тепловую энергию для котла КВу-03 мощностью 0,3 МВт.

В энергетике используются понятия высшей теплоты сгорания и низшей теплоты сгорания. При этом высшая теплота сгорания есть удельная теплота сгорания при идеальных условиях. Низшая теплота сгорания отражает реальное количество теплоты, которое будет получено при сжигании. Отличия высшей и низшей теплоты сгорания в первую очередь связаны с содержанием влаги в реальном топливе.

Влагосодержание – величина, показывающая процент воды в топливе; то есть при влагосодержании 10 % в 1 кг топлива содержится 100 грамм воды, при влагосодержании 50 % в 1 кг, топлива 0,5 кг воды.

Рассмотрим случай 50 % влагосодержания, при этом в 1 кг топлива только 0,5 кг «чистого топлива», без воды. Воду приходится нагревать и испарять, и реальная теплота сгорания (низшая теплота сгорания) будет в 2 раза ниже высшей теплоты сгорания. **Отметим, что при влагосодержании более 60 % сжигание топлива становится бесполезным.**

Транспортировка топлива с влажностью более 40 % малоэффективна.

Определим реальные цифры расхода топлива. За основу возьмем высшую удельную теплоту сгорания древесного топлива (согласно справочнику 18–21 мДж/кг). Для расчета примем 20 мДж/кг.

Пример расчета

Часовой расход топливной щепы.

$2\ 952\ 000\ 000\ \text{Дж} / 20\ 000\ 000\ \text{Дж/кг} = 147,6\ \text{кг}$ – это минимально возможный расход (без учета КПД), в реальности же расход будет выше.

Для выполнения задания необходимо:

1. Рассчитать расход топлива для котла КВу-0,3 (мощность 0,3 МВт) при влажности топлива 30 %, то есть при низшей теплоте сгорания 13 мДж/кг (без учета КПД).

2. Рассчитать расход топлива при сжигании свежесрубленной древесины (щепы). Низшая теплота сгорания свежесрубленной древесины находится в пределах 5–10 мДж/кг (без учета КПД).

3. Рассчитать расход топлива при сжигании топливных гранул (пеллет). Топливные гранулы имеют низшую теплоту сгорания 17,5 – 19,5 мДж/кг (без учета КПД).

4. Рассчитать расход щепы и пеллет с учетом КПД котла. Для этого необходимо полученные значения расхода умножить на КПД при сжигании щепы и пеллет.

5. Сделать вывод как влияют различные виды топлива различной влажности на расход древесного котла любой конструкции при постоянной мощности.

6. РАСЧЕТ ТОПКИ СЛОЕВОГО ТИПА НА ДРЕВЕСНОМ БИОТОПЛИВЕ

Расчет дровяной топки, предназначенной для сжигания древесной биомассы, имеет определенную специфичность по сравнению с расчетом дровяных топок для других видов топлива. Исходные данные, входящие в расчет дровяных топок котлоагрегатов, работающих на древесной биомассе, это:

- мощность котлоагрегата, МВт;
- вид древесной биомассы (древесина, кора, щепа и т. п.);
- влажность W_p , %;
- зольность A_p , %.

Мощность котлоагрегата определяется общими расчетами по технологии производства и системе теплоснабжения предприятия и дается в гигакалориях в час для водогрейных котлов. Пересчет мощности котла в единицы СИ при этом производится по формуле

$$P = 1,163Q,$$

где P – мощность котлоагрегата, МВт;

Q – часовая выработка тепла котлоагрегата, Гкал/ч (**выбирается в зависимости от рассчитанных данных в работе 2**).

Влажность и зольность древесной биомассы, входящие в расчет дровяной топки, принимают максимальные для данных конкретных условий, то есть $W^P = 40\%$, $A^P = 1\%$.

В расчет дровяной топки входят также следующие показатели:

- состав рабочего топлива;
- теплота сгорания рабочего топлива;
- объемы образующихся продуктов горения;
- энтальпия воздуха и продуктов горения;
- площадь колосниковой решетки;
- объем топочного пространства; часовой расход топлива.

Состав рабочего топлива определяется, исходя из элементарного состава древесной биомассы на горячую массу по следующим формулам:

$$C^P = C^G \frac{100 - W^P - A^P}{100};$$

$$H^P = H^G \frac{100 - W^P - A^P}{100}$$

$$O^P = O^G \frac{100 - W^P - A^P}{100},$$

$$N^P = N^G \frac{100 - W^P - A^P}{100}.$$

Для щепы: $C^G = 51\%$; $H^G = 6,1$; $O^G = 42,3$; $N^G = 0,6\%$.

Теплота сгорания рабочего топлива (для ствольной древесины и щепы) определяется по формуле

$$Q_{p_n} = 18\,880 - 214W^P - 189A^P,$$

где Q_{p_n} – теплота сгорания, кДж/кг;

18800 – теплотворная способность абсолютно сухой древесины, кДж/кг.

Объемы образующихся продуктов горения

Теоретическое количество сухого воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг рабочего топлива, определяется по формулам:

$$V^0 = 0,0889 C^P + 0,265 H^P - 0,0333 O^P,$$

$$L^0 = 0,115 C^P + 0,342 H^P - 0,0431 O^P.$$

где V^0 – теоретическое количество воздуха, м³/кг;

L^0 – теоретическое количество воздуха, кг/кг.

Теоретическое количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг топлива (щепы) может быть подсчитано по формуле

$$V_0 = 4,742 - 0,04742 (W_p + A_p).$$

Теоретический объем азота:

$$V^0 N_2 = 3,751 - 0,03751(W_p + A_p),$$

где $V^0 N_2$ – теоретический объем азота, м³/кг.

Объем углекислого газа:

$$V_{CO_2} = 0,9517 - 0,009517 (W^p + A^p),$$

где V_{CO_2} – объем углекислого газа, образовавшийся при сгорании 1 кг рабочего топлива, м³/кг.

Теоретический объем водяных паров

$$V_{H_2O}^0 = 0,7534 + 0,00486W^p - 0,007533A^p,$$

где $V_{H_2O}^0$ – объем водяных паров, образовавшихся при сжигании 1 кг рабочего топлива, м³/кг.

Коэффициентом избытка воздуха α называется отношение объема воздуха, действительно израсходованного на сжигание 1 кг рабочего топлива, к теоретически необходимому, то есть

$$\alpha = V_d / V^0.$$

Коэффициент избытка воздуха α для сжигания щепы принимается равным 1,3.

С учетом этого коэффициента действительный объем паров, приходящийся на 1 кг рабочего топлива V_{H_2O} составит

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 (\alpha - 1) V^0$$

Объем дымовых влажных газов, образовавшийся при сгорании 1 кг рабочего топлива, равен:

$$V_{\Gamma}^B = M_{CO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1)$$

Объем сухих газов, образовавшихся при сжигании 1 кг рабочего топлива, равен:

$$V_{\Gamma}^c = V_{CO_2} + V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) V_0.$$

Состав сухих газов следующий:

$$\text{азот: } N_2 = \frac{V_{N_2 + (\alpha - 1)0,79V^0}^0}{V_{\Gamma}^c} 100.$$

$$\text{углекислый газ: } CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_{\Gamma}^c} 100;$$

$$\text{кислород: } N_2 = \frac{0,21(\alpha - 1)V^0}{V_{\Gamma}^c} 100.$$

Энтальпия воздуха и продуктов горения

Энтальпия дымовых газов на 1 кг сжигаемого рабочего топлива

$$I = I_{\Gamma}^0 + (\alpha - 1) I_{\text{в}}^0,$$

где I_{Γ}^0 – энтальпия газов при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$ и температуре газов $t = 150$ °С;

$I_{\text{в}}^0$ – энтальпия теоретически необходимого объема воздуха, кДж/м³, определяется по формуле

$$I_{\text{в}}^0 = V^0 (c_{\text{в}})_{\text{в}},$$

где $(c_{\text{в}})_{\text{в}}$ – энтальпия 1 кг воздуха, кДж/кг, по данным табл. 5.1.

Таблица 5.1

Энтальпия компонентов дымовых газов воздуха и золы

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Энтальпия, кДж/м ³					
	углекислого газа, $(\text{cv})_{\text{CO}_2}$	азота, $(\text{cv})_{\text{N}_2}$	кислорода, $(\text{cv})_{\text{O}_2}$	паров во- ды, $(\text{cv})_{\text{H}_2\text{O}}$	воздуха, $(\text{cv})_{\text{B}}$	зола, $(\text{cv})_{\text{z}}$
100	170	130	132	151	132	81
200	358	260	267	304	266	169
300	559	392	407	463	408	264
400	772	527	551	626	542	360
500	996	664	699	795	684	458
600	1223	804	850	967	830	560

Определение площади зеркала горения и площади колосниковой решетки

Зеркалом горения называют верхнее сечение слоя, в котором происходит горение топлива. Для слоевых топков с горизонтальным и наклонным слоем топлива площадь зеркала горения принимают равной площади колосниковой решетки.

Теплонапряжением колосниковой решетки, или зеркала горения, называют количество тепловой энергии, выделяющееся в единицу времени на 1 м² площади. Теплонапряжение колосниковой решетки, или зеркала горения является основным нормативным показателем при расчете топочных устройств слоевого процесса сгорания. На основании нормативного значения этого показателя определяется площадь колосниковой решетки, или зеркала, горения по формуле

$$R = \frac{P}{q_R \eta_{\text{ка}}},$$

где R – площадь колосниковой решетки или зеркала горения, м²;

$\eta_{\text{ка}}$ – КПД котлоагрегата в долях единицы;

q_R – теплонапряжение колосниковой решетки или зеркала горения, кВт/м²;

P – мощность котлоагрегата, кВт.

Определение часового расхода топлива

Часовой расход топлива выражается в различных единицах: в килограммах условного топлива, в килограммах рабочего топлива, в плотных кубометрах древесной биомассы и в насыпных кубометрах данного конкретного вида древесной биомассы. Часовой расход топлива в килограммах условного топлива $B_{\text{усл.т}}$ подсчитывается по формуле

$$B_{\text{усл.т}} = \frac{0,1228P}{\eta_{\text{ка}}}.$$

Часовой расход рабочего топлива $B_{\text{р.т}}$ в тоннах определяется по формуле

$$B_{p.m} = \frac{3,6P}{Q_p^H \eta_{ка}},$$

где Q_p^H – теплота сгорания рабочего топлива, 18800 кДж/кг.

При сжигании древесной биомассы для выполнения технологических расчетов по топливоподаче, буферному и межсезонному хранению древесных отходов часто требуется знать расход топлива в плотных и складочных кубометрах. Часовой расход топлива в плотных кубометрах $B_{п.к}$, пл.м³, определяется по выражению:

$$B_{п.к} = \frac{0,1228P}{\mathcal{E} \eta_{ка}} \cdot 10^{-3},$$

где \mathcal{E} – калорийный эквивалент, 0,266 т усл. топл/пл. м³.

Часовой расход топлива в складочных кубометрах $B_{скл}$ можно подсчитать по формуле

$$B_{скл} = \frac{0,1228P}{\mathcal{E} \Pi \eta_{ка}} \cdot 10^{-3},$$

где Π – коэффициент полнодревесности, 0,5.

Значение КПД котлоагрегата принимаем из предыдущей работы.

Библиографический список

1. Головков С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 224 с.
2. Цыгарова, М. В. Энергетическое использование древесной биомассы [Электронный ресурс]: учеб. пособие: самост. учеб. электрон. изд. Сыкт. лесн. ин-т. – Электрон. дан. – Сыктывкар: СЛИ, 2015. – Режим доступа: URL <http://lib.sfi.komi.com>.
3. Добрачев А.А., Мехренцев А.В., Шпак Н.А. Ресурсы биотоплива Свердловской области и их использование: Информационно-справочное издание. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2015. – 285 с.
4. Сюнев В.С. и др. Энергетическое использование древесной биомассы: заготовка, транспортировка, переработка и сжигание: уч. пособие / В.С. Сюнев, А.В. Питухин, С.Б. Васильев, О.Н. Галактионов, А.В. Кузнецов, А.А. Селиверстов, Ю.В. Суханов, В.С. Холодков. Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. – 123 с.
5. Кундас С.П. и др. Использование древесной биомассы в энергетических целях: научный обзор / С. П. Кундас, С.С. Позняк, О.И. Родькин, В.В. Саникович, Э. Ленгфельдер. Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2008. – 85 с.
6. ОНТП 02-94. Отраслевые нормы технологического проектирования предприятий автомобильной промышленности. Деревообрабатывающие цехи (участки). Дата введения 1995-04-13 [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293846/4293846780.htm>

Оглавление

Введение.....	3
1. Расчет объемов сырья и отходов лесосечных работ на топливо.....	4
1.1. Производство щепы на лесосеке.....	4
1.2. Варианты технологий получения щепы на лесосеке.....	7
1.2.1. Использование комплекса машин при рубках главного пользования.....	7
1.2.2. Освоение древесной биомассы на основе форвардера.....	9
1.2.3. Заготовкаи древесной биомассы с применением трелевочного трактора.....	10
1.2.4. Производство щепы при разработке низкотоварной древесины при запасе на га 100 м ³ и меньше.....	12
1.2.5. Производство щепы на терминале (низкосортные, низкотоварные бревна, отходы лесопиления и деревообработки).....	14
1.3. Производительность рубительной машины.....	15
1.4. Расчетная часть.....	16
2. Расчет отходов перерабатывающего производства предприятия и затрат тепла на отопление.....	18
2.1. Расчет количества отходов по цехам.....	19
2.2. Организация переработки и хранения щепы.....	20
2.3. Расчет потребления древесного топлива на отопление собственных объектов.....	20
2.3.1. Количество энергии, получаемое из отходов перерабатывающего производства.....	21
2.3.2. Расчет количества энергии, необходимой для обогрева помещений предприятия.....	22
3. Производство нормированного топлива.....	23
3.1. Цех производства брикетов.....	23
3.2. Выбор и обоснование вида топливных брикетов и их краткая характеристика.....	24
3.3. Выбор и обоснование оборудования и его краткая характеристика.....	26
3.4. Технологический процесс производства брикетов.....	27
3.5. Цех производства топливных гранул (пеллет).....	29
4. Определение теплотехнических характеристик древесины.....	32
5. Расчет котлоагрегатов.....	35
5.1. Расчет КПД котлоагрегата КВу-03.....	35
5.2. Расчетный расход топлива.....	37
6. Расчет топки слоевого типа на древесном биотопливе.....	38
Библиографический список.....	43